

FENÔMENOS DE TRANSPORTE

1ª LISTA DE EXERCÍCIOS

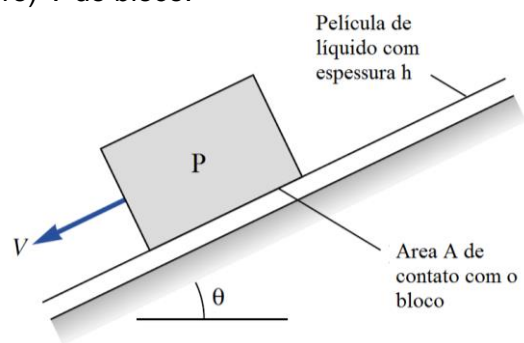
- 1) Descreva a importância do estudo da Mecânica dos Fluidos na prática da Engenharia.
- 2) Qual a importância de ensaios em túneis de vento para a construção civil?
- 3) O que é CFD? Qual é o impacto desta ferramenta na engenharia moderna?
- 4) Qual é a relação entre o ocorrido com a Ponte de Tacoma em 1940 com a mecânica dos fluidos?
- 5) Defina o que é substância fluida, enfatizando sua diferença em relação à substância sólida do ponto de vista mecânico.
- 6) Descreva o conceito de “teoria e experimentação” na mecânica dos fluidos.
- 7) Compare os modelos físicos e computacionais, apontando as vantagens e desvantagens de cada um.
- 8) Descreva o princípio da hipótese do contínuo e explique a diferença entre a abordagem Euleriana e Lagrangeana.
- 9) Classifique os seguintes campos de escoamento quanto ao regime temporal e à dimensionalidade:
 - a) $\vec{V} = (ax^2e^{-bt})\hat{i}$
 - b) $\vec{V} = a(x^2 + y^2)^{1/2}(1/z^3)\hat{k}$
 - c) $\vec{V} = ax^2\hat{i} + bxz\hat{j} + cz\hat{k}$
 - d) $\vec{V} = (ae^{-bx})\hat{i} + bx^2\hat{j}$
 - e) $\vec{V} = (ax + t)\hat{i} - by^2\hat{j}$
- 10) Quais são os tipos de forças que atuam em uma substância fluida?
- 11) Represente graficamente a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação para as seguintes substâncias: ideal, plástico ideal, fluido newtoniano, pseudoplástico e dilatante.
- 12) Qual a diferença entre o comportamento da viscosidade de gases e líquidos quando ocorre aumento de temperatura?
- 13) Porque é recomendável que motores à combustão atinjam temperatura elevada para uma melhor lubrificação?
- 14) Quais são as possíveis abordagens para se prever o comportamento de fluidos?
- 15) Quais são os princípios básicos da Mecânica dos Fluidos?

- 16) Para que é aplicado o Teorema de Transporte de Reynolds?
- 17) Além de considerar regime permanente, qual é a hipótese simplificadora da Equação de Bernoulli?
- 18) Descreva o efeito Venturi.

19) Um fluido ocupa um volume de $1,5 \text{ m}^3$ e sua massa é 3.000 kg . Sua viscosidade (dinâmica) é $2 \times 10^{-4} \text{ kg/ms}$. Determine sua massa específica e viscosidade cinemática.

20) Uma tubulação de 6” de diâmetro conduz a uma velocidade de $0,6 \text{ m/s}$ óleo combustível à temperatura de 33°C e 1 atm . Qual o regime de escoamento? Dados do óleo combustível a 33°C e 1 atm : $\mu = 0,15 \text{ mP}$ (mili Poise); $\rho = 964 \text{ kg/m}^3$.

21) Um bloco de peso P desliza para baixo em um plano inclinado enquanto lubrificado por um filme fino de óleo, como mostra a figura abaixo. A área de contato do filme é A e sua espessura é h . Considerando uma distribuição linear de velocidade no filme, deduza uma expressão para a velocidade “terminal” (com aceleração igual a zero) V do bloco.



22) Um eixo de $6,0 \text{ cm}$ de diâmetro está sendo empurrado axialmente em um mancal de $6,02 \text{ cm}$ de diâmetro e 40 cm de comprimento. A folga, admitida uniforme, é preenchida com óleo cujas propriedades são $\nu = 0,003 \text{ m}^2/\text{s}$ e $d = 0,88$. Calcule a força requerida para puxar o eixo a uma velocidade constante de $0,4 \text{ m/s}$.

23) (PETROBRAS – 2010) O espaço anular formado entre dois cilindros concêntricos, com $0,4 \text{ m}$ de comprimento, está preenchido com um fluido newtoniano. Os raios dos cilindros interno e

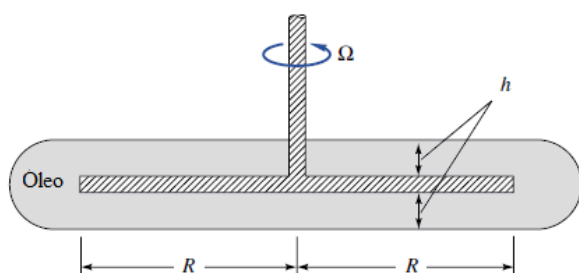
externo são iguais a 120 mm e 130 mm, respectivamente. Um torque de 1,5 Nm é necessário para manter o cilindro interno girando a 60 rpm, enquanto o cilindro externo permanece imóvel. Nesta situação, a viscosidade dinâmica (Ns/m²) do fluido newtoniano é, aproximadamente:

- (A) $2,5 / \pi^2$ (B) $5 / \pi^2$
 (C) $10 / \pi^2$ (D) $65 / \pi^2$
 (E) $200 / \pi^2$

24) Um disco de air-hockey tem massa de 50 gramas e 9 cm de diâmetro. Quando colocado sobre a mesa de ar, uma película de ar a 20 °C ($\mu_{ar} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$) de 0,12 mm de espessura se forma em baixo do disco. O disco é arremessado com uma velocidade inicial de 10 m/s. Assumindo uma distribuição linear de velocidade na película de ar, responda:

- a) Quanto tempo irá levar para reduzir até 1m/s?
 b) Quanto tempo irá levar até parar completamente?
 c) Qual a distância percorrida na condição do item a?

25) Um disco de raio R gira a uma velocidade angular Ω no interior de um reservatório em forma de disco cheio de óleo de viscosidade μ , como mostra a figura abaixo. Considerando um perfil linear de velocidade e desprezando a tensão de cisalhamento sobre os contornos do disco externo, deduza a fórmula para o torque viscoso sobre o disco.



26) Dado o campo de velocidades abaixo, encontre uma equação para as linhas de corrente e esboce, para alguns tempos representativos, as linhas de corrente instantâneas.

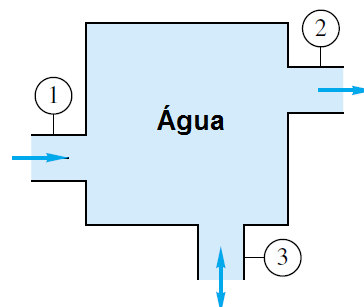
$$\vec{V} = Kxt \hat{i} - Kyt \hat{j} + 0 \hat{k}$$

27) Um campo de velocidade é dado por $u = V \cos \theta$, $v = V \sin \theta$ e $w = 0$, onde V e θ são constantes. Deduza a fórmula para as linhas de corrente deste escoamento.

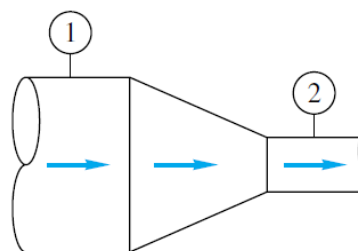
28) [PETROBRAS – ENG. PETRÓLEO JÚNIOR - 2012] Um fluido de densidade $d = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ e velocidade $V = 10 \text{ m/s}$ passa ao redor de uma esfera de raio $R = 0,10 \text{ m}$. Calcule a ordem de grandeza da força dinâmica que o fluido exerce sobre a esfera em N.

29) Para escoamentos laminares (baixo número de Reynolds) permanentes através de um tubo longo, a distribuição da velocidade axial é dada por $u = C(R^2 - r^2)$, onde R é o raio do tubo e $r \leq R$. Integre $u(r)$ para achar a vazão volumétrica total através do tubo e faça um esboço da distribuição da velocidade axial ao longo da seção reta. Calcule, também, a velocidade média em função dos parâmetros dados.

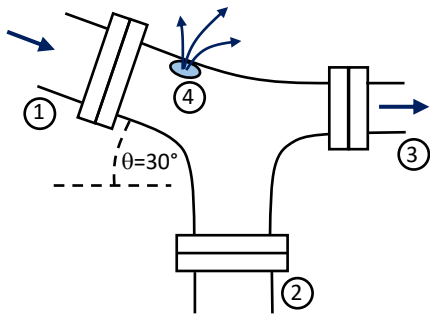
30) Água à 20°C flui em regime permanente por um tanque fechado, conforme figura abaixo. Na seção 1, $D_1 = 6 \text{ cm}$ e a vazão volumétrica é 100 m³/h. Na seção 2, $D_2 = 5 \text{ cm}$ e a velocidade média é 8 m/s. Se $D_3 = 4 \text{ cm}$, calcule a vazão volumétrica Q_3 em m³/h e a velocidade média V_3 em m/s.



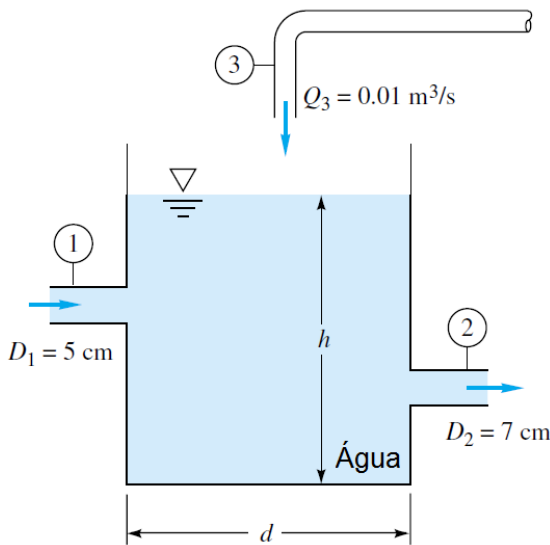
31) Água à 20°C flui à 40 kg/s através do bico ilustrado abaixo. Se $D_1 = 18 \text{ cm}$ e $D_2 = 5 \text{ cm}$, calcule a velocidade média, em m/s, na seção 1 e na seção 2.



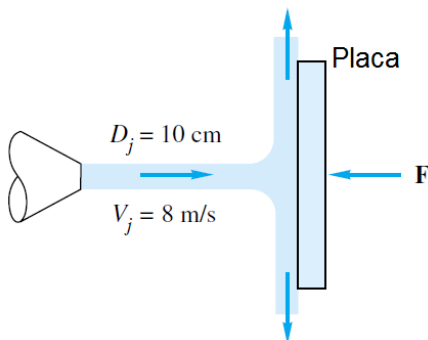
32) Considere o escoamento permanente de água em uma junção de tubos conforme mostrado no diagrama. As áreas das seções são: $A_1 = 0,2 \text{ m}^2$, $A_2 = 0,2 \text{ m}^2$ e $A_3 = 0,15 \text{ m}^2$. O fluido também vaza para fora do tubo através de um orifício em 4, com uma vazão volumétrica estimada em 0,1 m³/s. As velocidades médias nas seções 1 e 3 são: $V_1 = 5 \text{ m/s}$, $V_3 = 12 \text{ m/s}$. Determine a velocidade de escoamento na seção 2.



33) The open tank in figure above contains water at 20°C and is being filled through section 1. Assume incompressible flow. First derive an analytic expression for the water-level change dh/dt in terms of arbitrary volume flows (Q_1 , Q_2 , Q_3) and tank diameter d .



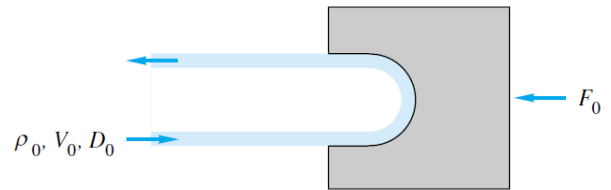
34) The water jet in figure above strikes normal to a fixed plate. Neglect gravity and friction, and compute the force F in newtons required to hold the plate fixed.



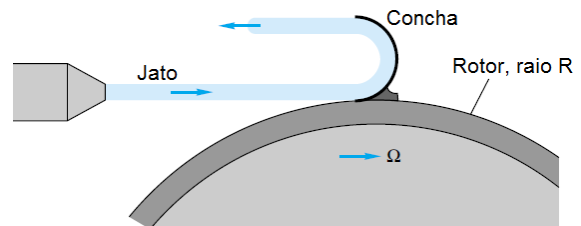
35) Um pequeno foguete acelera verticalmente a partir do repouso e com massa inicial de 400 kg. A taxa de consumo de combustível é de 5 kg/s e a velocidade de exaustão do motor é de 3500 m/s, em relação ao foguete. Desprezando a resistência do ar, calcule:

- a aceleração inicial do foguete; e
- a velocidade do foguete após 10 s.

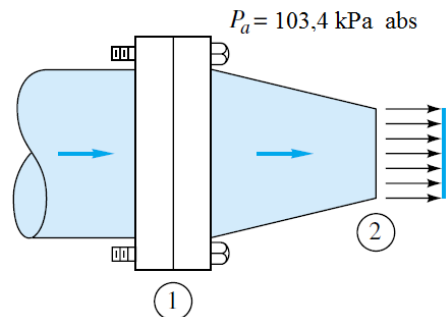
36) Na figura abaixo, uma peça altera o sentido do jato de água em 180°. Encontre uma expressão para a velocidade máxima V_0 se a força máxima possível de suporte é F_0 .



37) Usinas hidrelétricas utilizam turbinas para obter energia a partir do movimento da água. Um jato de velocidade V_j e área A_j incide em uma concha que o desvia em 180° anexada a um rotor de turbina de raio R girando numa velocidade angular Ω , conforme figura abaixo. Deduza uma expressão para a potência P entregue a partir deste rotor nesse instante como função dos parâmetros do sistema. Em que velocidade angular é entregue a potência máxima? Como sua análise seria diferente se houvesse muitas conchas no rotor, de forma que o jato continuamente incidiria em pelo menos uma concha?

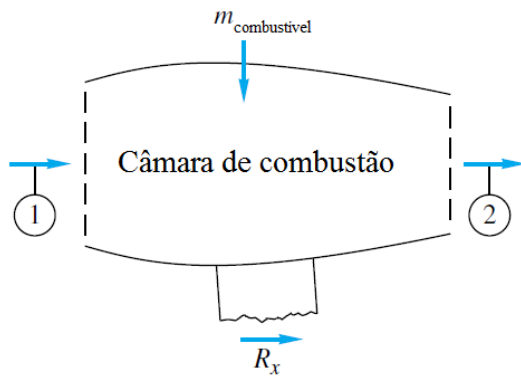


38) O bico horizontal na figura abaixo tem $D_1 = 12"$ e $D_2 = 6"$, com pressão de entrada $p_1 = 262$ kPa absoluta e $V_2 = 17$ m/s. Para água à 20°C, calcule a força horizontal provida pelos parafusos do flange para segurar o bico.

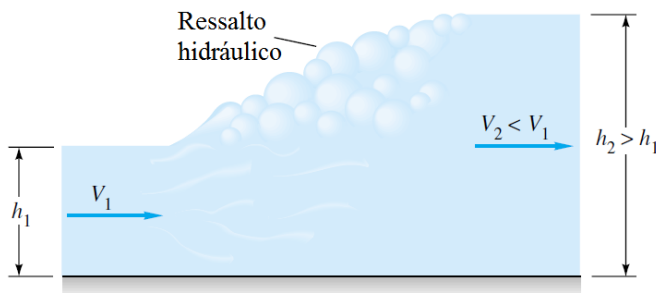


39) O motor a jato em estande de teste, representado na figura abaixo, admite ar a 20°C e 1 atm na seção 1, onde $A_1 = 0,5$ m² e $V_1 = 250$ m/s. A razão combustível-ar é 1:30. O ar sai pela seção 2 à pressão atmosférica e temperatura mais alta, onde $V_2 = 900$ m/s e $A_2 = 0,4$ m².

Calcule a reação horizontal R_x do estande de teste necessária para manter a turbina fixa.

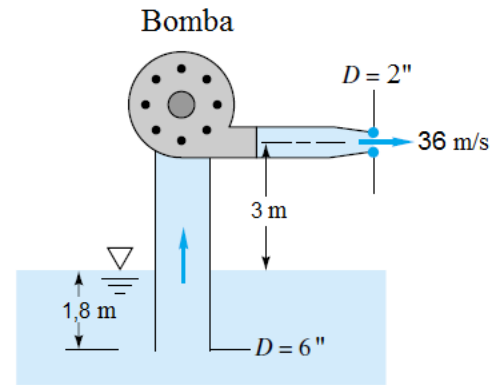


40) Em determinadas condições de escoamento, um fluxo em canal de alta velocidade (V_1 , h_1) pode “saltar” para uma condição de baixa velocidade e energia (V_2 , h_2), conforme figura abaixo. A pressão nas seções 1 e 2 são aproximadamente hidrostáticas ($p = \rho gh$) e o atrito na parede é desprezível. Utilize as relações de continuidade e momento linear para encontrar h_2 e V_2 em função de h_1 e V_1 .

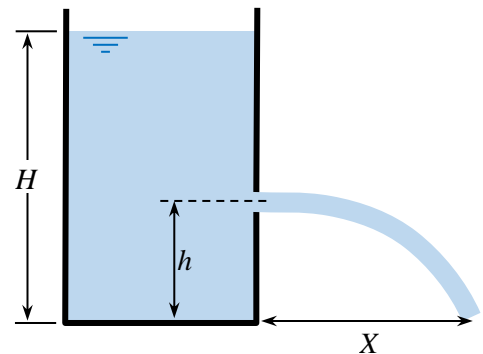


41) A nuclear power plant on a river must eliminate 55 MW of waste heat to the river. The river conditions upstream are $Q_i = 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ and $T_i = 18^\circ\text{C}$. The river is 45 m wide and 2,7 m deep. If heat losses to the atmosphere and ground are negligible, estimate the downstream river conditions (Q_o , T_o).

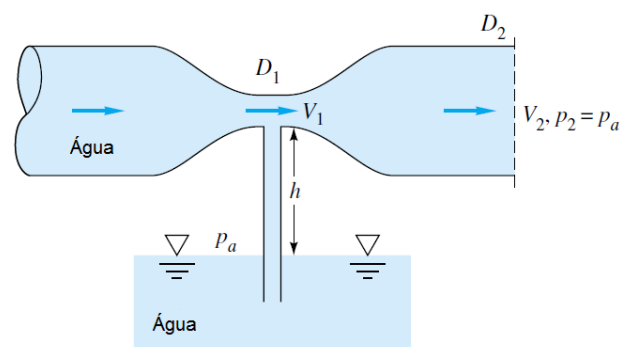
42) Um navio bombeiro suga água do mar (densidade 1,025) de um tubo submerso e a recalca através de um bico, conforme figura abaixo. A perda total de carga é de 2,0 m. Se a bomba tem eficiência de 75%, qual a potência do motor necessária?



43) For the container of figure above use Bernoulli's equation to derive a formula for the distance X where the free jet leaving horizontally will strike the floor, as a function of h and H . For what ratio h/H will X be maximum? Sketch three trajectories for $h/H = 0,4$, $0,5$ and $0,6$.

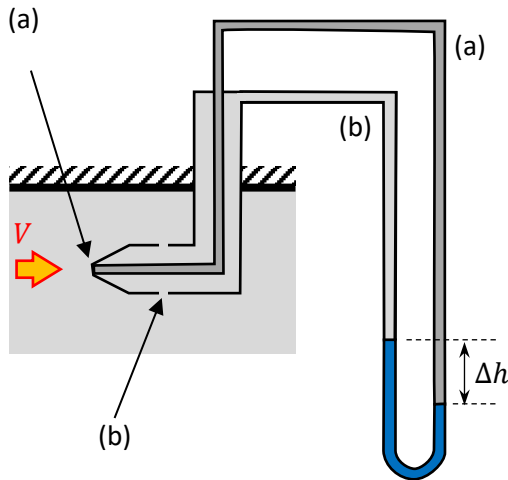


44) Uma seção estrangulada no fluxo de um tubo, chamada venturi, forma uma região de baixa pressão que pode aspirar fluido de um reservatório, conforme figura abaixo. Utilizando a equação de Bernoulli sem perdas, deduza uma expressão para velocidade V_1 suficiente para trazer o fluido do reservatório para seção estrangulada.



45) Tubo de Pitot é um dispositivo utilizado para medição da velocidade V de um fluido, como o ar ao redor de aviões e a água no interior de tubulações. A figura abaixo representa sua

concepção, onde a entrada frontal (a) e lateral (b) são interligadas a um manômetro em “U”, com um fluido mais denso. A velocidade é obtida, indiretamente, através da diferença de altura Δh .

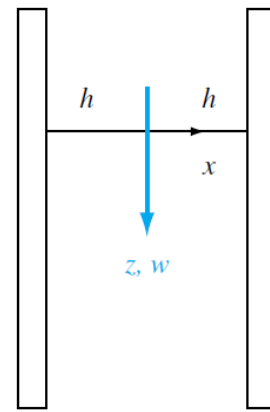


Considerando escoamento invíscido, calcule a velocidade V do fluido, quando a diferença de alturas medida Δh é de 15 cm. O fluido no tubo em “U” é água e que o fluido cuja velocidade se deseja medir é ar à 1 atm e 20°C.

46) [PETROBRAS – ENG. EQP. JÚNIOR - 2008]
Considerando um escoamento permanente e incompressível, cuja distribuição de velocidades seja dada pela função $v = 3x\vec{i} + Cy\vec{j} + 2x\vec{k}$, calcule o valor da constante C para que seja atendido o princípio da continuidade.

47) Comente os termos da equação diferencial da quantidade de movimento num fluido.

48) Um fluido viscoso de massa específica ρ e viscosidade dinâmica μ constantes escorre devido a gravidade entre duas placas distantes $2h$ uma da outra, conforme figura abaixo. O fluxo está totalmente desenvolvido, com uma única componente de velocidade $w = w(x)$. Não há gradientes de pressão aplicados, somente a gravidade. Resolva a equação de Navier-Stokes para o perfil de velocidade entre as placas.



49) Duas placas planas horizontais a uma distância h uma da outra são separadas por um fluido de viscosidade μ e massa específica ρ . A placa inferior está fixa e a superior se move lateralmente com velocidade V constante.

- se o fluido em questão se trata da água ($\mu \cong 10^{-3} \text{ kg/m.s}$ e $\rho \cong 1000 \text{ kg/m}^3$), $V = 1 \text{ m/s}$ e $h = 1 \text{ mm}$, identifique se o escoamento é laminar ou turbulento;
- aplique as equações de *Navier-Stokes* para determinar qual é o perfil de distribuição de velocidades entre as duas placas;
- calcule a força necessária para mover a placa se esta tem 1 m^2 de área.

TABELA DE DADOS

FLUIDO	μ	ρ	ν
	kg/(m.xs)	kg/m ³	m ² /s
Hidrogênio	$8,8 \cdot 10^{-6}$	0,084	$1,05 \cdot 10^{-4}$
Ar	$1,8 \cdot 10^{-5}$	1,2	$1,51 \cdot 10^{-5}$
Gasolina	$2,9 \cdot 10^{-4}$	680	$4,22 \cdot 10^{-7}$
Água	$1,0 \cdot 10^{-3}$	998	$1,01 \cdot 10^{-6}$
Álcool etílico	$1,2 \cdot 10^{-3}$	789	$1,52 \cdot 10^{-6}$
Mercúrio	$1,5 \cdot 10^{-3}$	13.580	$1,16 \cdot 10^{-7}$
Óleo SAE 30	0,29	891	$3,25 \cdot 10^{-4}$
Glicerina	1,5	1.264	$1,18 \cdot 10^{-3}$

(a 1 atm e 20°C)